

ЭНЕРГИЯ ENERGY

ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

8'2017

Ежемесячный научно-популярный
и общественно-политический
иллюстрированный журнал
Издаётся с января 1984 г.

© Российская академия наук, 2017 г.
© ФГУП «Издательство «Наука»
© Составление. Редколлегия журнала
“Энергия: экономика, техника,
экология”, 2017 г.

2

Н.В. МЕДВЕЦКАЯ

Национальный комитет
по тепломассообмену РАН

13

Д.А. СОЛОВЬЁВ

Водные ресурсы
и производство энергии

22

Ю.Л. ТКАЧЕНКО

Техносфера – главное
достижение человечества

29

Е.Г. ГАШО, М.В. СТЕПАНОВА

Стандарты и приоритеты
энергоэффективности

36

В.К. ГААК, В.М. ЛЕБЕДЕВ

Пути повышения эффективности
золотулавливающих устройств ТЭС

40

ПРЕСС-КЛИП

42

К.С. ШАРОВ

Судьба Гонконга в эпоху
энергетического кризиса

50

**Н.М. БЕРДЫКЛЫЧЕВА,
Л.П. ВЕРЁВКИН**

Исчезающий
средний класс России

58

МАРТИН ДАНЛИ

Умная энергетика-2017:
переход в цифровую эру

62

**Эволюция технологии
распределения энергии**

66

АНТОН КАНАРЕЙКИН

У энергосервисных контрактов –
прекрасный потенциал

68

М.А. ХАРЬКИНА

Почвенное плодородие и его роль
в поддержании жизни на Земле

75

А.Г. ВАГАНОВ

Защита от астероидной опасности:
возможные варианты



Москва
Издательство "Наука"
2017

Журнал издаётся под руководством
Президиума Российской академии наук



ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ И ПРОИЗВОДСТВО ЭНЕРГИИ

Д.А. СОЛОВЬЁВ

(Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН)

Энергия и вода неразрывно связаны между собой. Несмотря на многообразие существующих источников энергии и электричества, все они нуждаются в воде для различных производственных процессов, таких как добыча сырья, охлаждение на электростанциях, выращивание культур для производства биотоплива, работы турбин ГЭС и т.д.¹ С другой стороны, чтобы водные ресурсы были доступны людям для использования и потребления (для подачи воды в города, для опреснения воды и орошения полей, для работы водного транспорта), требуется энергия. Задача управления этой взаимосвязью опирается на внешние факторы, влияние которых может быть оценено, но никогда полностью не учитывается.

¹ Соловьёв Д.А., Соловьёв А.А. Использование энергетического потенциала гидросферы земли // Энергия: экономика, техника, экология. 2011. № 3. С. 44–50.

Мировой экономический рост, прирост народонаселения и развитие городов обуславливают рекордное энерго- и водопотребление. Начиная с 1990-х гг. мировое энергопотребление значительно возросло и предположительно будет продолжать увеличиваться ежегодно на 2% до 2020 г., вследствие чего к 2035 г. увеличится вдвое, а к 2055 г. – втрое по сравнению с 1998 г.² Мировой Энергетический Совет оценил объём водопотребления для производства энергии в 583 млрд м³, что составляет около 15% от общего объёма водопотребления в мире³. Объём безвозвратно изъятой воды составил 66 млрд м³. В сценарии развития мировой энергетики Международного энергетического агентства прогнозируется, что

² Мировая энергетика – 2050 (Белая книга) / Под ред. Бушуева В.В. (ГУ ИЭС), Каламанова В.А. (МЦУЭР). М.: ИЦ “Энергия”. 2011. 360 с.

³ World Energy Council. Water for Energy. London: World Energy Council Regency House 1–4 Warwick Street London W1B 5LT United Kingdom, 2010. 56 p.

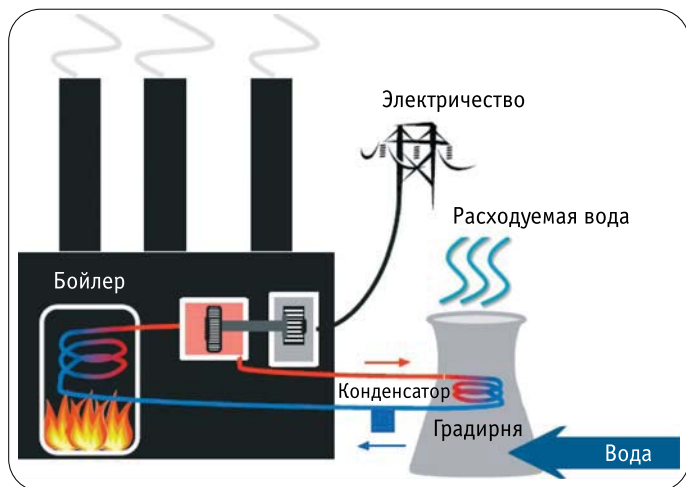


Рис. 1.
Схема использования
воды на тепловых
электростанциях.

время практически во всех секторах энергетики потребности в воде при производстве электроэнергии постоянно возрастают⁶.

На тепловых электростанциях выработка электроэнергии происходит за счёт нагревания воды или пара. После прохождения через турбины, вода в паровом цикле охлаждается, затем идёт в конденсатор и используется вторично (рис. 1). На эти

в период между 2010 г. и 2035 г. водозабор увеличится примерно на 20%, а объёмы использования воды (включая повторное) возрастут значительно сильнее – до 85%. Этот прогноз обусловлен тенденцией использовать энергетические установки с более высоким КПД, более современные системы охлаждения (которые уменьшают забор природной воды, но при этом увеличивают её потребление в расчёте на 1 кВт · ч произведённой электроэнергии), а также расширением производства биотоплива.

Усиливающиеся в последние годы **климатические изменения являются центральным внешним фактором**, который будет определять доступность воды, в том числе и для энергетического использования⁴. Меры по смягчению последствий изменения климата сегодня в основном концентрируются вокруг мер по сокращению потребления энергии и выбросов углекислого газа, в то время как адаптация к этим изменениям означает, что нужно учитывать также усиление гидрологической изменчивости и экстремальных погодных явлений, включая наводнения, засухи и штормы.

Другим фактором, создающим внешнее напряжение в этой сфере, является демографический рост, так как с увеличением численности населения и миграции, а также с повышением экономической активности и уровня жизни, будет генерироваться всплеск потребления энергии⁵. В настоящее

процессы в настоящее время приходится 78% мирового производства электроэнергии, и ожидается, что эта цифра будет расти. Это означает, что будет расти и потребление воды, используемой для охлаждения. Расход воды на таких электростанциях варьируется в зависимости от используемых технологий охлаждения и видов топлива, а также климатических условий, которые влияют на испарение и выбор процесса охлаждения (рис. 2).

Известно, что на большинстве ТЭС для охлаждения конденсаторов используются прямоточные системы при наличии водотоков с большим дебитом воды или оборотные системы двух типов: с прудами охладителями, или с градирнями "мокрого" типа, либо брызгальными бассейнами.

Брызгальные бассейны, как и охлаждающие пруды, представляют собой естественные или искусственные открытые водоёмы, но вода подается в них не непосредственно, а через систему разбрызгивающих сопел, расположенных над поверхностью воды в бассейне. Охлаждение воды в самом бассейне играет при этом уже незначительную роль сравнительно с охлаждением капель, образующихся при разбрызгивании воды соплами. Подвод свежего воздуха к поверхности воды происходит благодаря ветру и естественной конвекции, а отчасти и вследствие эжектирующего действия водяных струй.

Разбрызгивающие сопла устанавливаются иногда над зеркалом искусственного охлаждающего пруда-водохранилища (со стороны

⁴ IPCC. IPCC Fourth Assessment Report (AR4) // IPCC. 2007. Vol. 1. P. 976.

⁵ Бушуев В.В. Кризис 2010-х гг. и новая энергетическая цивилизация. Москва: ИД "Энергия". 2013. 272 с.

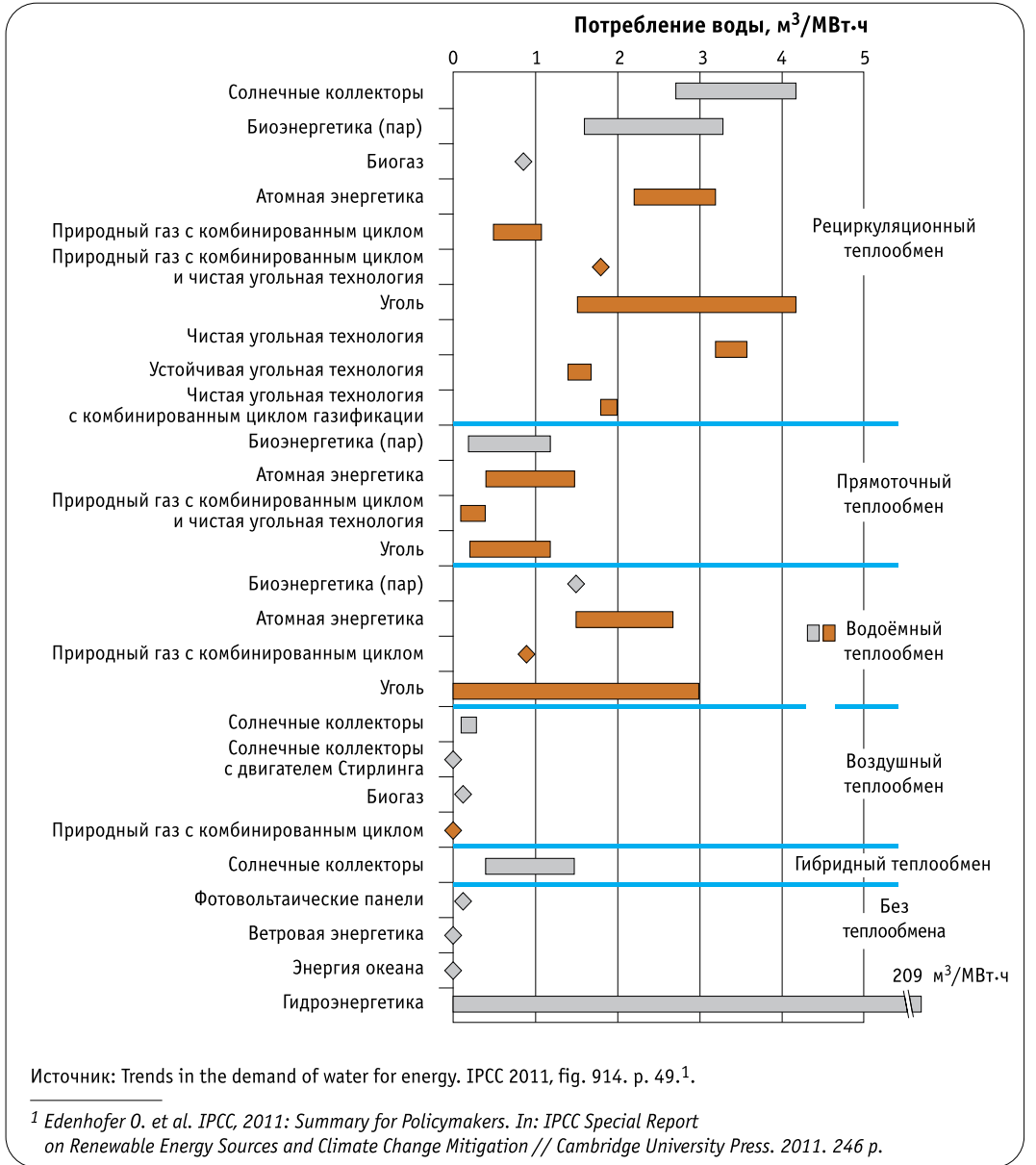
⁶ International Energy Agency. World Energy Outlook 2012 (Chapter 17 Water for energy) // Paris. Paris: International Energy Agency, 2012. P. 690.

водозабора) для дополнительного охлаждения воды в летнее время или над естественным озером, если поверхностного охлаждения не обеспечивает достаточного охлаждения воды. Однако большей частью брызгальный бассейн представляет собой самостоятельное сооружение, состоящее из сети распределительных трубопроводов с разбрызгивающими соплами и искусственного бассейна, играющего здесь роль водосборного резервуара. <http://tesiaes.ru/?p=10957>

Прямоточные системы и классические оборотные системы охлаждения имеют целый ряд недостатков и существенно уступают по своим экологическим характеристикам современным комбинированным системам охлаждения конденсатора, которые всё чаще рассматриваются в качестве их альтернативы. Среди основных

Среди основных

Рис. 2.
Уровень потребления воды при производстве энергии с использованием различных технологий.



Источник: Trends in the demand of water for energy. IPCC 2011, fig. 914. p. 49.¹

¹ Edenhofer O. et al. IPCC, 2011: Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation // Cambridge University Press. 2011. 246 p.

недостатков традиционных систем охлаждения стоит отметить большой объём потребления воды; сброс тепла и попадание охлаждаемых веществ в водные объекты; высокий риск гибели водных организмов и нагрузки на водные экосистемы. Ещё один немаловажный недостаток использования "мокрых" градирен – значительные безвозвратные потери воды в результате уноса капель в атмосферу – 2–3% и более в зависимости от скорости ветра и типа градирни, а также от наличия и эффективности брызгоуловителей в градирнях. В результате формируется так называемый паровой "факел" градирен, который рассеивается над прилегающей к ТЭС местностью и оказывает влияние на атмосферные процессы, что способствует появлению устойчивых локальных изменений климата в месте работы электростанции.

В исследовании, выполненном в 2013 г. в Техасском университете (США)⁷, была предпринята попытка оценить степень влияния так называемого "водного" фактора в технологических процессах при производстве электроэнергии на ТЭС, опираясь на следующие критерии:

- 1) наличие доступных ресурсов воды и влияние изменения технологии охлаждения;
- 2) экономической эффект при нехватке воды и отказоустойчивость ТЭС за счёт использования альтернативных⁸ технологий охлаждения;
- 3) динамическое влияние процесса создания и использования водохранилищ на производственные мощности ТЭС;
- 4) потенциал повторного использования очищенных вод в качестве источника охлаждения.

Всесторонний анализ приведённых критериев, выполненный авторами исследования, позволил сделать следующие общие выводы:

- Использование альтернативных технологий охлаждения позволяет снизить объём отводимой на охлаждение воды, но как правило, за счёт дополнительного потребления энергии. Кроме того, сокращение объёма использования воды для нужд электростан-

ции позволяет сохранить её для других водопользователей.

Важно отметить, что различные типы систем охлаждения при одинаковых климатических условиях способны оказывать непосредственное влияние на КПД энергоблоков ТЭС. Так, например, снижение выработки энергии на 0.25% происходит при повышении температуры охлаждения теплоносителя на 1 градус, что соответствует снижению КПД электростанции приблизительно на 0.4% на градус.

- Переход на альтернативные технологии охлаждения требует дополнительных капитальных затрат, но повышает эффективность охлаждения за счёт уменьшения общего объёма используемой воды. Снижение потребности в воде повышает безопасность функционирования и устойчивость энергетических объектов к опасным природным явлениям (например, засухливое лето), а если таковых не наблюдается, появляется дополнительная экономическая выгода от выработки электроэнергии.

- Интенсивность использования воды из водохранилищ для обеспечения нужд тепловых электростанций, оказывает непосредственное влияние как на уровень выработки электроэнергии, так и на возможности потребления воды другими водопользователями. (Как правило, уменьшение мощности электростанции увеличивает возможность использования водных ресурсов другими пользователями.) А возможность варьировать объёмы использования воды из водохранилищ непосредственно влияет на безопасность и устойчивость работы электростанции. Такая же возможность может быть обеспечена за счёт применения альтернативных технологий охлаждения.

- Повторно используемая очищенная вода может быть технологически и экономически целесообразным источником охлаждения для многих существующих электростанций.

Эти общие выводы дают нам представление о взаимосвязи между водными ресурсами и работой теплоэлектростанций. Поскольку водные и энергетические ресурсы становятся всё более дефицитными, понимание и реагирование на компромиссы в рамках взаимосвязи энергии и воды может стать необходимым условием для устойчивого управления этими ресурсами.

Теперь обратимся к проблеме использования водных ресурсов для выработки энергии на других типах электростанций. Энергия, генерируемая за счёт воды – гидроэнергия, наряду с другими возобновляемыми источниками энергии, такими как энергия ветра, солнца

⁷ Stillwell A.S. *Water impacts on thermoelectric power generation*. Austin: The University of Texas at Austin, 2013. 161 p.

⁸ В данном случае под "альтернативными" технологиями охлаждения, используемыми на ТЭС, понимаются современные комбинированные системы (водяного и воздушного) охлаждения конденсатора, обеспечивающие снижение безвозвратных потерь и загрязнение воды.

и приливов, био- и геотермальная энергия, очевидно является более устойчивой в экологическом отношении, не ведущей к загрязнению, т.е. альтернативой ископаемым энергоносителям. В совокупности за счёт этих источников в настоящее время покрывается около 23.7% мирового потребления энергии⁹.

Гидроэнергетика – крупнейший возобновляемый источник электроэнергии (16.6% мирового потребления в 2015 г., см. сноску 5). Принято считать, что на две трети её мировой, экономически обоснованный потенциал ещё не использован. Основные потери воды в гидроэнергетике происходят за счёт её испарения из накопительных водохранилищ. По оценкам большинства последних исследований на эту тему, сделанных в США, потери воды за счёт испарения составляют от 0.04 до 210 м³ на 1 МВт · ч. Эта величина зависит, прежде всего, от площади зеркала водохранилища, климатических условий в месте его расположения и объёма холостого сброса через плотину.

Имеющаяся сегодня устойчивая тенденция к росту потребления электроэнергии во всех регионах мира, как показывают прогнозы, будет наиболее сильна для стран, не входящих в Организацию экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), включающую в себя более 30 экономически развитых стран мира¹⁰. Эти стра-

ны обладают значительным потенциалом для развития крупномасштабной гидроэнергетики. Однако сооружение крупных плотин чревато как тяжёлыми экологическими последствиями для среды обитания диких видов, миграции рыб, для объёмов и качества водотока, так и серьёзными социально-экономическими последствиями, связанными с необходимостью переселения местного населения.

Эта тенденция будет иметь прямые последствия для водных ресурсов, необходимых для производства энергии (табл. 1)¹¹. Из таблицы видно, что при сохранении нынешних режимов потребления ожидаемые потребности в воде для производства энергии вырастут к 2050 г. на 11.2%.

В рамках сценария WEC (2010)¹², который предполагает увеличение производства энергии и КПД энергоустановок, считается, что до 2050 г. потребность в воде для производства энергии может снизиться на 2.9% (табл. 2). Однако при проектировании новых объектов энергетики часто не учитывается наличие ресурсов воды, необходимых для производства энергии. Кроме того, о потребности в энергии новых систем водоснабжения также часто забывают.

На ветровые и солнечные фотоэлектрические преобразователи в настоящее вре-

⁹ Renewables 2016 Global Status Report [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/>.

¹⁰ Мировая энергетика – 2050 (Белая книга) / Под ред. Бушуева В.В. (ГУ ИЭС), Каламанова В.А. (МЦУЭР). М.: ИЦ "Энергия". 2011. 360 с.

¹¹ Water U.N. Managing water under uncertainty and risk, The United Nations world water development report 4, UN Water Reports, World Water Assessment Programme. Paris. 2012. 909 p.

¹² World Energy Council. Water for Energy. London: World Energy Council Regency House 1–4 Warwick Street London W1B5LT United Kingdom. 2010. 56 p.

Таблица 1

Численность населения, потребление энергии и потребление воды для нужд энергетики в мире, 2005–2050 гг.*

	Единица измерения	2005 г.	2020 г.	2035 г.	2050 г.
Население	млн	6290	7842.3	8601.1	9439.0
Общее потребление энергии	ЭДж (ЭксаДжоуль = 10 ¹⁸ Дж)	328.7	400.4	464.9	518.8
Потребление энергии на душу населения	ГДж	52.3	51.1	54.1	55
Вода для энергетики	млрд м ³ /год	1815.6	1986.4	2087.8	2020.1
	м ³ /на душу населения	288.6	253.3	242.7	214.0

* World Energy Council. Water for Energy. London: World Energy Council Regency House 1–4 Warwick Street London W1B 5LT United Kingdom. 2010. 56 p. (table 1, p. 50).

Численность населения, потребление энергии и потребление воды для нужд энергетики в мире, с учётом повышения энергоэффективности, 2005–2050 гг.

	Единица измерения	2005 г.	2020 г.	2035 г.	2050 г.
Население	млн	6290	7842.3	8601.1	9439.0
Общее потребление энергии	ЭДж	328.7	364.7	386.4	435.0
Потребление энергии на душу населения	ГДж	52.3	46.5	44.9	46.1
Вода для энергетики	млрд м ³ /год	1815.6	1868.5	1830.5	1763.6
	м ³ /на душу населения	288.6	238.3	212.8	186.8

ма приходится около 5.5% (2017 г.) мирового производства электроэнергии. Во время работы эти технологии практически не используют воду, за исключением мытья поверхностей солнечных батарей. А вот последнее может оказаться фактором весьма значительным, особенно в районах пустынь. Кроме того, в случае крупномасштабного развёртывания концентраторов солнечной энергии (солнечных водонагревателей) производство электроэнергии на солнечных электростанциях будет производиться по тепловому циклу, как и в случае тепловых электростанций. Следовательно, потребуются охлаждение водой, которой может оказаться недостаточно в жарких и засушливых регионах, не говоря уж о пустынях.

Очевидно, что “водный” фактор играет важнейшую роль в технологических процессах при производстве практически всех видов энергии. Вода используется при добыче полезных ископаемых и первичного топлива, при поливе сырьевых культур, выращиваемых для производства биотоплива, при переработке и транспорте всех видов топлива. В производстве электроэнергии вода обеспечивает охлаждение оборудования и другие потребности, связанные с технологическими процессами на тепловых электростанциях. В некоторых случаях это влечёт за собой потребность в наличии значительных запасов воды. Кроме того, при таком использовании вода теряет свои потребительские качества не только из-за попадания в неё растворимых и нерастворимых веществ, но и изменяет свои физические свойства как среда обитания гидробионтов из-за теплового загрязнения (табл. 3).

Использование воды на единицу произведённой энергии обычно оценивается с помощью двух различных мер: уров-

нем водозабора и потреблением. Водозабор – это объём взятой из источника воды. Потребление – это объём безвозвратно отбираемой воды, которая не возвращается к источнику, то есть она испаряется или транспортируется в другое место. Термином “водной разгрузки” в иностранной литературе часто обозначается отбираемый объём воды, который впоследствии возвращается к источнику, зачастую в изменённом состоянии, что влияет на общее качество воды в её природном источнике. Уровень водозабора, по определению, всегда больше или равен потреблению и, следовательно, может стать первым предельным ограничением на производственном объекте энергетики, когда количество воды ограничено. Потребление речной воды уменьшает количество воды, доступной для удовлетворения потребностей населения вниз по её течению, и является важным фактором особенно в странах, где водные ресурсы ограничены.

Так как водные ресурсы распределены неравномерно по планете, соответственно некоторые регионы столкнутся с более сильной нехваткой воды для выработки энергии, чем другие. В этой связи в отчёте WEC (2013)¹³ приводятся оценки, свидетельствующие о том, что этот сценарий будет иметь место на большей части Северной и Южной Америки и Карибского бассейна.

Другая сторона связи энергия – вода касается потребности в энергии для подачи и очистки воды. Электричество необходимо для функционирования насосов, доставляющих к потребителям воду

¹³ World Energy Council. World Energy Resources: 2013 survey // World Energy Council. 2013. P. 11.

**Основные виды использования воды в энергетических технологиях
и их потенциальное воздействие на качество воды**

	Вид использования	Воздействие на качество воды
Производство первичной энергии		
Нефте- и газодобыча	Бурение и обустройство скважин и проведение гидравлического разрыва пласта. Вторичная закачка воды для повышения нефтеотдачи пластов. Добыча из нефтяных песков и процессы их восстановления. Различные методики повышения эффективности добычи с использованием воды. Добыча на морском шельфе.	Загрязнения нефтегазоносных пластов из-за просачивания технологических жидкостей, используемых для гидроразрыва и, как следствие, попадание их в подземные и поверхностные воды.
Угледобыча	Процессы экстракции угля и пылеподавления в горнодобывающей промышленности и при переработке и транспортировке. Промывка угля для улучшения качества и удаления инородных включений. Затопление водой угольных шахт при пожарах и для предотвращения проседания грунта. Транспортировка угля в виде водноугольной суспензии.	Загрязнение угольных пластов, шахтных вод или поверхностных и подземных вод вблизи шахт.
Производство биотоплива	Орошение сельхозугодий для получения растительного сырья. Мокрый помол сырья для биотоплива, промывка и охлаждение в процессе получения топлива.	Загрязнение поверхностных и подземных вод поверхностного стока водами, содержащими удобрения, пестициды и другие примеси, образующиеся при выращивании сырья. Выброс сточных вод, производимых при переработке сырья.
Производство электроэнергии		
Тепловые электростанции (на ископаемом топливе, ядерной и биоэнергии)	Питание бойлерного оборудования, т.е. вода, используемая для выработки пара или горячей воды. Охлаждение парового конденсата. Влажная очистка от вредных веществ с использованием оборудования улавливания технологических выбросов.	Тепловое загрязнение путем сброса охлаждающей воды (поверхностные воды). Воздействие на водные экосистемы. Выбросы в атмосферу, которые загрязняют воду с подветренной стороны (поверхность воды). Эмиссия и хранение отработанных углешлаков и других твердых отходов, которые могут попасть в поверхностные и подземные воды.
Концентраторы солнечной энергии и геотермальные станции	Вода, используемая для выработки пара или горячей воды. Охлаждение для парового конденсата.	Тепловое загрязнение из-за сброса охлаждающей воды (поверхностные воды). Воздействие на водные экосистемы.
Гидроэнергетика	Производство электроэнергии. Использование водохранилищ для хранения и накопления энергии.	Изменение температуры воды, объемного расхода/времени природного течения и водных экосистем. Потери в результате испарения из накопительного резервуара (водохранилища).

Таблица 4

Средний уровень расхода электроэнергии на получение и очистку воды (США)*

	Источник воды	Расход электроэнергии, кВт · ч/млн л
Чистые воды	Поверхностные воды	60
	Подземные воды	160
	Подземные воды (солончатые)	1000–2600
	Морская вода	2600–4400
Технология очистки		
Сточные воды	Биофильтрация	250
	Активный ил	340
	Очистка без хлорирования	400
	Очистка с хлорированием	500

* Stillwell A., King C., Webber M., Duncan I. *The energy-water nexus in Texas*. 2011.

из поверхностных и подземных источников, систем водопроводного транспорта и очистки воды. При этом потребляемая электрическая мощность зависит от удалённости потребителя от источника воды (или глубины подземных водоносных слоев). Процессы водоподготовки, делающие воду пригодной для дальнейшего использования, тоже требуют электричества и, иногда, тепла. Опреснение, в процессе которого удаляются различные примеси и соли, является самым энергоёмким и дорогостоящим вариантом очистки воды и используется там, где другие альтернативы весьма ограничены, например, на Ближнем Востоке и в Австралии. У конечного водопользователя обычно возникают дополнительные энергетические потребности, например, в домашних хозяйствах – для отопления, стирки одежды и мытья посуды.

Как видно из табл. 4, очистка сточных вод также требует большого количества энергии. Развитые страны, имеющие более строгие правила сброса сточных вод, имеют, как правило, более энергоэффективные технологии их очистки. Биофильтры, использующие биологически активные субстраты для аэробной очистки, потребляют в среднем свыше 250 кВт · ч/млн л. Технология фильтрации "Активный ил", требующая использования насосов и специального оборудования, является более энергоёмкой формой очистки сточных вод – 340 кВт · ч/млн л. Системы фильтрации, используемые для высококачественной очистки, требуют ещё больше электроэнергии – до 400–500 кВт · ч/млн л.

При этом использование осадка сточных вод для получения биогаза методом анаэробного сбраживания позволяет попутно, используя этот газ, получать электроэнергию, которую в свою очередь можно снова направить для обеспечения очистки воды.

Несмотря на то что все технологии очистки воды требуют затрат электроэнергии, не исключено, что повышение энергоэффективности технологий в будущем будет компенсировать ожидаемый рост энергопотребления, необходимый для перехода на более высокие стандарты очистки стоков.

Кроме того, энергия также используется для орошения сельскохозяйственных культур. В странах ОЭСР энергия для орошения составляет небольшую долю от общей энергии, затрачиваемой на операции с водой (нагрев, обработка и утилизации воды требуют гораздо больше энергии). Тем не менее, страны, не входящие в ОЭСР, где очистка и подогрев воды являются менее распространёнными, орошение полей занимает значительную долю в потреблении электроэнергии.

Ужесточающиеся требования к качеству потребляемой воды и увеличивающийся спрос на неё со стороны растущего населения вынуждают постоянно искать и изучать нетрадиционные источники воды, требующие для своего использования значительного количества энергии. Таким образом, стремление к повышению энергоэффективности технологий рискует обернуться увеличением потребности в энергии для доставки воды из таких нетрадиционных

источников или очистки воды, которая имеет более низкое качество. **Очевидно, что переосмысление роли водных ресурсов в производстве энергии потребует проведения новой политики, чтобы обеспечить эффективное и безопасное управление водными ресурсами для нужд энергетики.** Первым шагом такой политики, очевидно, станет комплексная оценка доступных ресурсов воды для всех заинтересованных стран. А затем водная и энергетическая политика должны быть напрямую интегрированы в общую стратегию устойчивого развития в тесном взаимодействии между собой. Важной нерешённой проблемой является финансирование инфраструктуры, необходимой для предоставления базовых услуг водо- и электроснабжения в развивающихся странах. Без надёжной энергетической инфраструктуры и стабильного электроснабжения потенциал для экономического роста является ограниченным. Решение будущих водно-энергетических проблем, возможно, стоит поискать в создании малых автономных гидроэнергетических систем, которые, как правило, оказывают небольшое воздействие на окружающую среду и могут оказаться особенно полезными в сельских и отдалённых районах. При проектировании любых гидроэнергетических систем, как крупных, так и мелких, исключительно важно проводить ещё на этапе планирования подробную экспертизу экологических и социально-экономических последствий.

Подводя итоги кратко сформулируем основные современные проблемы, вызовы и тенденции в сфере водно-энергетического взаимодействия:

- Будущее развитие энергетической отрасли напрямую зависит от наличия воды. Есть основания полагать, что доступные водные ресурсы могут быть исчерпаны в ближайшем будущем, так как население и мировая экономика продолжают расти на фоне надвигающихся негативных изменений климата. А это безусловно скажется на надёжности и эффективности всего мирового энергетического сектора. При этом он крайне уязвим для количественных ограничений на использование воды в случае законодательного ограничения доступа к водным ресурсам.

- Потребность в воде для обеспечения работы ТЭС и АЭС – крупнейших потребителей воды в энергетическом секторе – может быть значительно снижена при использовании передовых альтернативных систем охлаждения, хотя это влечёт за собой более высокие капитальные затраты и снижает

эффективность производства электроэнергии. Возможные в будущем потребности в воде для производства биотоплива в значительной степени будут зависеть от того, будет ли растительное сырьё для его производства выращиваться с использованием интенсивного орошения. Потребность в воде для обеспечения добычи ископаемых видов топлива значительно ниже, но при этом потенциальное воздействие процесса добычи на качество вод может также оказаться серьёзной проблемой.

- Рост энергетической эффективности и использования ВИЭ внесёт определённый вклад в будущее развитие “низкоуглеродной” энергетики. Однако и в этом случае водопотребление может возрасти из-за увеличения спроса на биотопливо. Кроме того, атомная энергетика, оснащённые улавливателями CO₂ электростанции и некоторые виды концентраторов солнечной энергии могут оказаться весьма водоёмкими.

- Проблема сокращения доступности запасов пресной воды в непосредственной близости от населённых пунктов в связи с изменением климата потребует выкачивать воду с больших глубин, транспортировать её на большие расстояния, или применять дополнительную очистку и водоподготовку.

- Общая тенденция в ирригации сельскохозяйственных угодий – переход от поверхностных методов полива к капельным (сократит потребление воды, но увеличит потребление энергии).

- Эффективность использования воды станет стандартом и одновременно критерием для оценки технологической, экономической и экологической жизнеспособности энергетических проектов. Наличие и доступ к воде может стать более серьёзной проблемой для развития добычи сланцевого газа и выработки электроэнергии в некоторых районах Китая и Соединённых Штатов. В Индии, Канаде и Ираке также имеется множество зависимых от наличия доступных ресурсов воды действующих электростанций, добывающих и перерабатывающих угледородные ресурсы предприятий.

Конечно, перечисленные “водные” проблемы в большинстве случаев являются решаемыми. Однако их решение потребует использования более совершенных технологий и более тесной интеграции политики по управлению энергетическими и водными ресурсами.

Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект № 14-50-00095).